



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 43 07 850 C 1

⑤1 Int. Cl.5:  
B 22 D 11/06

②1 Aktenzeichen: P 43 07 850.8-24  
②2 Anmeldetag: 12. 3. 93  
④3 Offenlegungstag: —  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 9. 6. 94

DE 43 07 850 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Usinor Sacilor, Puteaux, FR; Thyssen Stahl AG,  
47166 Duisburg, DE

⑦4 Vertreter:  
Knauf, R., Dipl.-Ing.; Werner, D., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.;  
Schippan, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Thielmann, A.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 40472 Düsseldorf

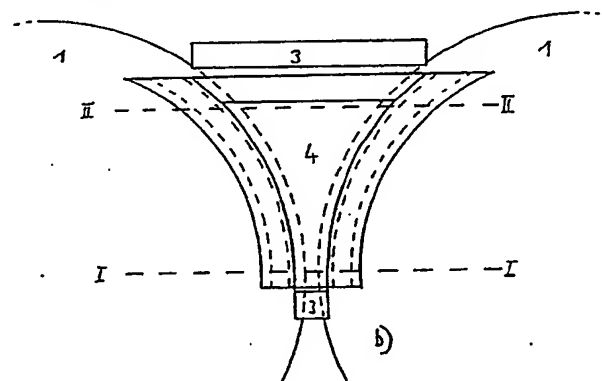
⑦2 Erfinder:  
Behr, Friedrich, Prof. Dr., 47804 Krefeld, DE; Erckes,  
Hans Walter, 47804 Krefeld, DE; Krämer, Volker,  
Dipl.-Phys., 44357 Dortmund, DE; Pateisky, Gerhard,  
Dr., 58453 Witten, DE; Schüler, Peter, Dr., 47804  
Krefeld, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 41 508 A1  
EP 05 11 550 A1  
EP 04 89 348 A1

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Seitenabdichtung beim endabmessungsnahen Bandgießen

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Seitenabdichtung des Sumpfes metallischer Schmelze zwischen zwei Gießrollen beim endabmessungsnahen Bandgießen in parallel zu ihren Stirnflächen liegenden Ebenen mit Hilfe elektromagnetischer Wechselfelder. Kennzeichen der Erfindung ist, daß die elektromagnetischen Wechselfelder zum Ausgleich des ferrostatischen Druckes durch Anpassung der Form eines elektrischen Leiters an die Querschnittsform des Schmelzensumpfes auf die Stelle des geringsten Abstandes zwischen den Gießrollenkanten hin zunehmend konzentriert werden.



DE 43 07 850 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Seitenabdichtung des Sumpfes metallischer Schmelze zwischen zwei Gießrollen beim endabmessungsnahen Bandgießen in parallel zu ihren Stirnflächen liegenden Ebenen.

Bei der Banderzeugung nach dem Zwei-Rollen-Verfahren treten Qualitätseinbußen besonders an den Rändern des Bandes auf, die auf die unkontrollierte Bildung von Randschalen bei der Erstarrung der Schmelze zurückzuführen sind. Aus dem Stand der Technik ist bekannt, daß die Anwendung von elektromagnetischen Feldern beim Bandgießen die Qualität des erzeugten Bandes erhöhen kann.

In der EP-A-0 511 550 wird vorgeschlagen, die Bandqualität durch die Anwendung eines statischen elektromagnetischen Kraftfeldes im offenen Seitenbereich von zwei Gießrollen zu verbessern. Die Kraftwirkung soll dabei durch die Überlagerung eines Gleichstrom-Magnetfeldes mit einem in die Schmelze eingeleiteten Gleichstrom erzeugt werden. Erhebliche Schwierigkeiten macht hierbei jedoch die Einbringung des Gleichstroms in die Schmelze. Neben dem Anfrieren der Schmelze an den Elektroden zur Stromeinspeisung oder dem Auflösen des Elektrodenmaterials im Kontakt mit der Schmelze werden durch die Stromeinleitung in die Schmelze im gesamten Schmelzenbereich elektrochemische Prozesse ausgelöst.

Die Probleme lassen sich jedoch in bekannter Weise durch die Anwendung elektromagnetischer Wechselfelder vermeiden. Die Kraftwirkung entsteht hierbei durch Wirbelstromeffekte, ohne zusätzlich elektrischen Strom in die Schmelze einzuspeisen. In der EP-A 0 489 348 wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem das elektromagnetische Wechselfeld auf den Bereich entlang der Linie, wo sich Gießrolle, Seitenteil und Schmelze berühren, geführt wird. Entlang dieser Linie wirkt ein verstärkter elektromagnetischer Druck auf die Schmelze ein, und die Schmelze wird dort durch Wirbelströme erwärmt.

Die Bildung von Randschalen wird so verringert, kann jedoch nicht ganz vermieden werden, denn EP-A 0 489 348 berücksichtigt mit der Führung des elektromagnetischen Wechselfeldes auf der besagten Linie nicht, daß der metallostatistische Druck der Schmelze nach unten hin ansteigt. Dieses bekannte Verfahren läßt auch unberücksichtigt, daß die abschirmende Wirkung der Gießrollen auf das elektromagnetische Wechselfeld nach unten hin durch den sich verringern den Abstand der Gießrollenmantelflächen zunimmt. Auch die in EP-A 0 489 348 skizzierte Vorrichtung mit dem im wesentlichen horizontalen Verlauf des Stromleiters ist aus den gleichen Gründen nicht geeignet, die Bildung von Randschalen bis hinunter zum Punkt des geringsten Abstandes der Gießrollenmünten (Kissing Point) zu verhindern.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die geschilderte unkontrollierte Bildung von Randschalen bei der Banderzeugung nach dem Zwei-Rollen-Gießverfahren vollständig, insbesondere bis hinunter zum Kissing Point, zu verhindern.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß das elektromagnetische Wechselfeld zum Ausgleich des ferrostatischen Druckes durch Anpassung der Form des elektrischen Leiters an die Querschnittsform des Schmelzensumpfes auf die Stelle des geringsten Abstandes zwischen den Gießrollenkanten hin zunehmend konzentriert wird.

Durch die gezielte Konzentration des elektromagnetischen Wechselfeldes auf den Kissing Point zu kann erreicht werden, daß der Kontakt der Schmelze mit den Seitenteilen auf der gesamten Seitenfläche oder zumindest entlang des Kreisringstückes entlang der Rollenkan ten vollständig vermieden wird.

Der Wärmeverlust der Schmelze kann an den Seitenteilen zu Schwierigkeiten bei der Erstarrung führen. Dadurch wird die Qualität des Bandes, insbesondere im Bereich der Kanten, beeinträchtigt. Ferner kann es zu Schmelzendurchbrüchen oder Rollenverkeilungen kommen. Der Frequenzbereich von 10 Hz bis 50 kHz hat sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren als geeignet erwiesen, um diese Gefahren auszuschließen.

Als besonderer Vorteil erweist sich hierbei, daß die Frequenz der elektromagnetischen Wechselfelder für die Seitenabdichtung so wählbar ist, daß die Wärmeverluste der Schmelze an den Seitenteilen durch die Wirbelstromwärme ausgeglichen werden. Das führt zu einer erheblichen Verbesserung der Erstarrung mit gleichmäßiger Dicke der Randschalen einschließlich der Zonen in der Nähe der Seitenteile. Dazu empfiehlt es sich, bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Frequenz und die magnetische Feldstärke im seitlichen Randbereich der Schmelze während des Gießens so auf die Schmelztemperatur abzustimmen, daß die in der Schmelze erzeugten Wirbelströme den Erstarrungsvorgang steuern und die seitlichen Wärmeverluste ausgleichen. Das kann nach dem folgenden Schema geschehen:

Schmelztemperatur  
am Rand

Frequenz

Feldstärke

zu niedrig  
zu hoch

erhöhen  
absenken

absenken  
erhöhen

Die gezielte Einstellung von Frequenz und Feldstärke kann für eine lastgeführte Wechselstromquelle wie folgt erreicht werden:

Frequenzeinstellung

Durch Verschieben des magnetischen Rückschlusses relativ zum Leiter wird die Induktivität des Induktors verändert und die Frequenz der lastgeführten Stromquelle ändert sich. Mit abnehmendem Abstand zwischen Leiter und Rückschluß sinkt die Frequenz und mit zunehmendem Abstand steigt die Frequenz an. Der Abstand zwischen Leiter und Rückschluß ist die Stellgröße für die Frequenz.

Die optimale Frequenz für die Kompensation der Wärmeverluste ist auch abhängig von den Abmessungen der Gießrollen und davon, ob der Kontakt der Schmelze mit den Seitenteilen teilweise oder vollständig vermieden werden soll. Der Frequenzbereich wird durch die folgende Tabelle aufgeschlüsselt:

Gießrollenradius in m	Frequenz in Hz	
	Seitenabdichtung	
	vollständig	teilweise
0,1....0,3	160...3200	1500...50000
0,3....0,6	40....800	1000...30000
0,6....1,0	10....200	500 ... 10000

Feldstärkeeinstellung

Die Feldstärke in der Schmelze steigt mit steigender Spannung am Induktor und steigt mit abnehmendem Abstand zwischen Induktor und Schmelze. Die Spannung und der Abstand Induktor/Schmelze sind die Stellgrößen für die Feldstärke.

Zur Gewährleistung der Betriebssicherheit wird die elektromagnetische Seitenabdichtung mit Schutzelementen aus Feuerfestmaterial oder Metall ausgerüstet. Vor allem für den Anfahrvorgang des Gießprozesses kann eine keramische Seitenabdichtung zusätzlich zu den elektromagnetischen Feldern erforderlich sein.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des geschilderten Verfahrens nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß entlang der bzw. parallel zur abzudichtenden Fläche jeweils mindestens ein wechselstromführender Leiter angeordnet ist, der im wesentlichen vertikal verläuft und das elektromagnetische Wechselfeld durch seine an die Querschnittsform des Schmelzensumpfes angepaßte Kontur auf den Punkt des geringsten Abstandes zwischen den Gießrollen konzentriert. Zur gezielten Führung und Verstärkung des elektromagnetischen Feldes in der Nähe der Leiter ist bevorzugt ein magnetischer Rückschluß angeordnet. Dieser kann zum Schutz vor Spritzern beim Anfahren zusätzlich mit keramischen oder metallischen Seitenplatten oder plattenförmigen Blechpaketen aus nicht magnetischem Werkstoff versehen werden. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn der Rückschluß an der der Schmelze zugewandten Seite keramikbeschichtet ist.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung soll das Material der Gießrollen im Bereich der Seitenteile höhere elektrische Leitfähigkeit haben als die Schmelze. Dies kann z. B. durch eine Hartkupferlegierung verwirklicht werden. Dadurch gelingt es, die Gießrollenerwärmung im Einwirkungsbereich des elektromagnetischen Feldes zu minimieren, wenn im übrigen Mantelbereich der Gießrollen aus wärmetechnischen Gründen oder aus Festigkeitsgründen andere Werkstoffe als Kupfer oder Kupferlegierungen eingesetzt werden müssen. Eine geringere elektrische Leitfähigkeit der Gießrollen im Bereich der Rollenkanten ermöglicht es, aufgrund der dann vorliegenden geringeren Abschirmwirkung der Rollen größere elektromagnetische Kräfte auf die Schmelze im Bereich der Rollenkanten auszuüben.

Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur elektromagnetischen Seitenabdichtung des Sumpfes einer zwischen zwei Gießrollen befindlichen Metallschmelze sind in den Fig. 1 bis 3 mit den Bildteilen a) (Draufsicht), b) (Ansicht), c) (Seitenansicht) schematisch dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführung in Draufsicht.

Zwischen den Gießrollen 1 befindet sich der Schmelzensumpf 2. Seitlich der Gießrollen 1 ist ein wechselstromführender Leiter 3 angebracht. Der Stromverlauf ist mit J und einem Pfeil angedeutet. Zur Verstärkung der Kraftwirkung des Leiters 3 auf die Schmelze 2 ist in der Nähe des Leiters 3 ein magnetischer Rückschluß 4 aus weichmagnetischem Material angeordnet. Die Querschnitte und der Verlauf des Leiters und des Rückschlusses sind der Querschnittsform des Schmelzensumpfes 2 angepaßt.

Als zusätzlicher Schutz, z. B. für das Angießen, sollten zwischen den Gießrollen 1 und dem Linieninduktor (Leiter 3 und Rückschluß 4) konventionelle keramische Seitenabdichtungsplatten eingefügt werden. Bei niedrigen Frequenzen, d. h. großer Eindringtiefe des elektromagnetischen Wechselfeldes, können auch Bauteile aus metallischen Werkstoffen eingefügt werden.

Die Seitenabdichtungen sind für das vollständige kontaktlose Halten des Schmelzensumpfes geeignet. Die aufgrund des ansteigenden metallostatischen Druckes notwendige Konzentration des elektromagnetischen Wechselfeldes auf den Kissing Point zu wird durch die Verringerung des Leiterquerschnittes und Polabstandes des Rückschlusses erreicht.

Dabei ergibt sich für die Ausführung nach Fig. 2 der zusätzliche Vorteil, daß der Rückschluß einfach montiert und relativ zum Leiter 3 bewegt werden kann. Ändert man die Position des Rückschlusses 4, so ändert sich die Frequenz und die magnetische Feldstärke. Dies kann für regelungstechnische Zwecke genutzt werden.

Die in Fig. 3 gezeigte Seitenabdichtung liefert die größtmögliche Feldstärke. Sie ist in diesem Fall nur im

unteren Bereich vollständig. Im oberen Bereich erfolgt nur ein kontaktloses Halten entlang der Rollenkanten. Der Schmelzensumpf muß daher im oberen und mittleren Bereich gegebenenfalls zusätzlich mit Feuerfestmaterial abgestützt werden.

Die Verschiebung des Rückschlusses relativ zum Leiter kann auch in der Version von Fig. 3 für regelungstechnische Zwecke genutzt werden. Die Erhöhung der Feldstärke nach unten hin erfolgt auch hier durch den sich verringernden Polabstand des Rückschlusses. Der Leiterquerschnitt kann ebenfalls nach unten hin abnehmen, wodurch sich die Stromdichte erhöht.

Die Ausführung nach Fig. 4 zeigt die Überbrückung eines verhältnismäßig breiten Spaltes. Das macht eine mechanische Abstützung der Schmelze erforderlich, weil sich das Magnetfeld nur im Kantenbereich der Gießrollen und verstärkt am Kissing Point auswirkt. Dazu kann der magnetische Rückschluß 4 mit einer Keramikschicht 5 versehen sein.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Seitenabdichtung des Sumpfes metallischer Schmelze zwischen zwei Gießrollen beim endabmessungsnahen Bandgießen in parallel zu ihren Stirnflächen liegenden Ebenen mit Hilfe elektromagnetischer Wechselfelder, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetischen Wechselfelder zum Ausgleich des ferrostatischen Druckes durch Anpassung der Form eines elektrischen Leiters an die Querschnittsform des Schmelzensumpfes auf die Stelle des geringsten Abstandes zwischen den Gießrollenkanten hin zunehmend konzentriert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Beeinflussung der seitlichen Wärmeverluste die Frequenz des elektromagnetischen Wechselfeldes im Bereich zwischen 10 Hz bis 50 kHz eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz nach folgendem Schema auf die Abmessungen der Gießrollen abgestimmt wird:

Gießrollenradius in m	Frequenz in Hz	
	Seitenabdichtung	
	vollständig	teilweise
0,1....0,3	160...3200	1500...50000
0,3....0,6	40....800	1000...30000
0,6....1,0	10....200	500 ... 10000

4. Vorrichtung zur Seitenabdichtung des Sumpfes metallischer Schmelze beim endabmessungsnahen Bandgießen zwischen zwei Gießrollen in parallel zu den Stirnflächen der Gießrollen liegenden Ebenen mit Hilfe elektromagnetischer Wechselfelder, dadurch gekennzeichnet, daß entlang der abzudichtenden Fläche jeweils mindestens ein wechselstromführender Leiter (3) angeordnet ist, der im wesentlichen vertikal verläuft und das elektromagnetische Wechselfeld durch seine an die Querschnittsform des Schmelzensumpfes (2) angepaßte Kontur auf den Punkt des geringsten Abstandes zwischen den Kanten der Gießrollen (1) konzentriert.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur gezielten Führung und Verstärkung des elektromagnetischen Wechselfeldes in der Nähe der Leiter (3) ein magnetischer Rückschluß (4) angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß zum Schutz vor Spritzern beim Anfahren zusätzlich keramische oder metallische Seitenplatten oder plattenförmige Blechpakete aus nichtmagnetischem Werkstoff angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Rückschluß (4) mit Keramik (5) beschichtet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die axialen Endabschnitte der Gießrollen (1) oder Gießrollenmäntel aus einem Material mit höherer oder geringerer elektrischer Leitfähigkeit bestehen als die Schmelze hat, insbesondere aus Hartkupferlegierung oder höherschmelzenden Legierungen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

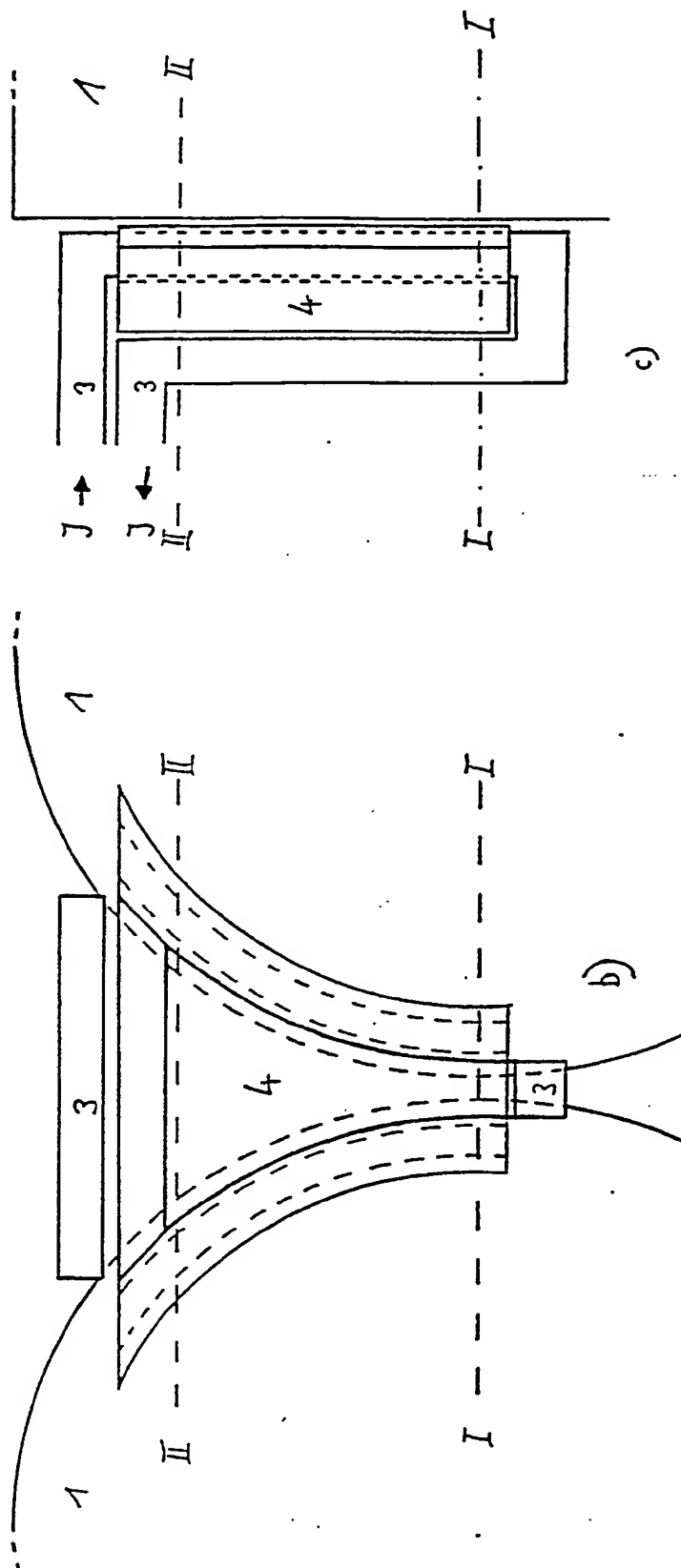
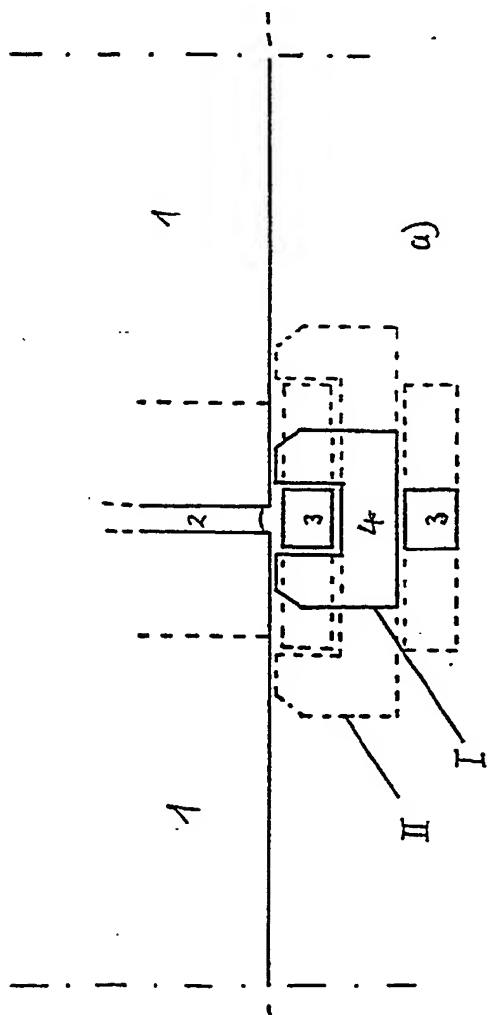


Fig. 2

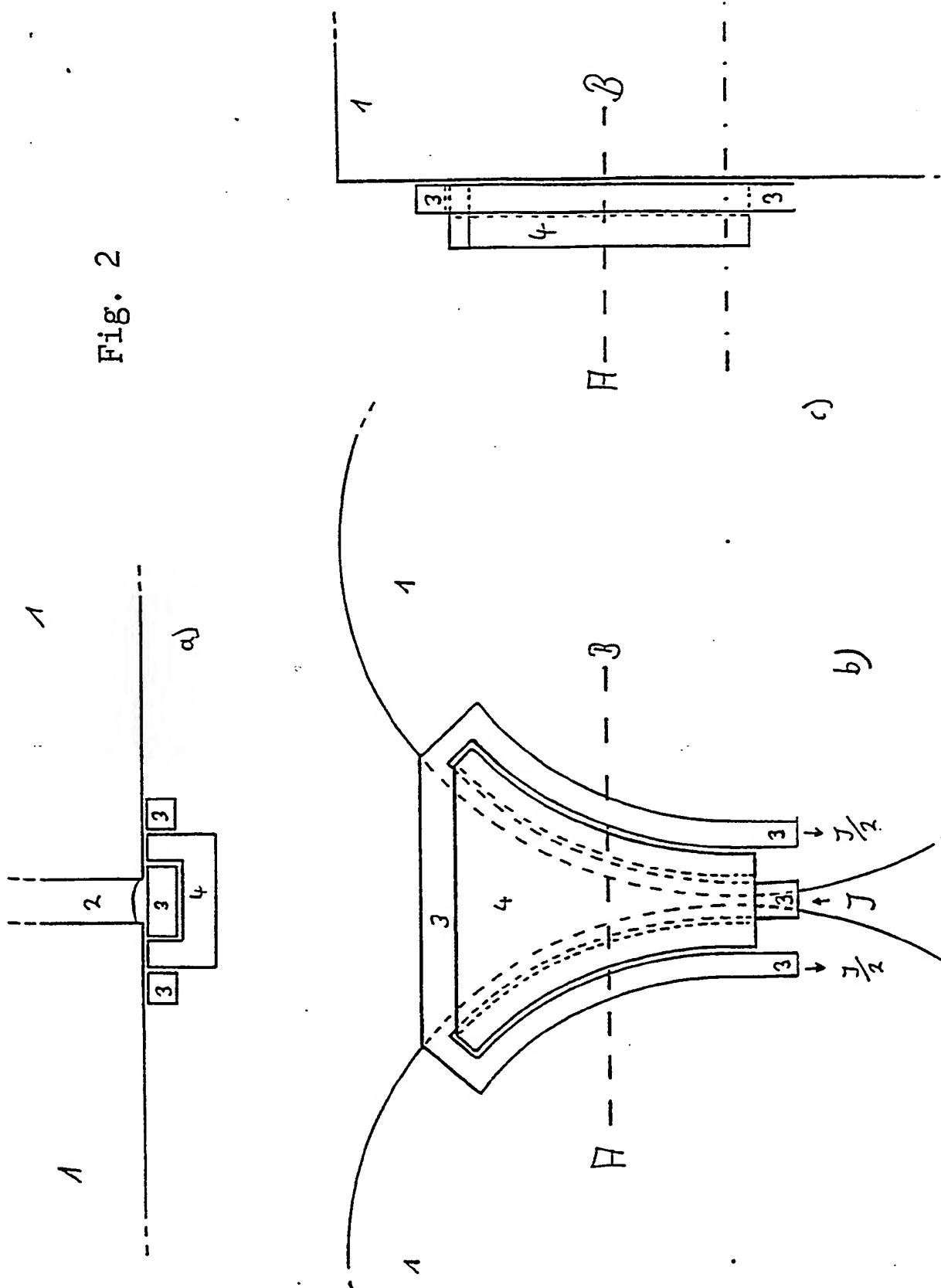
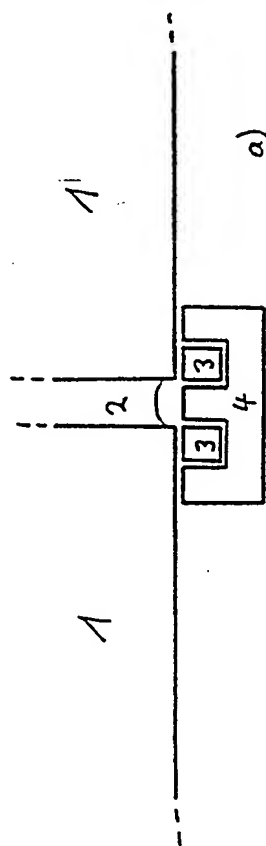
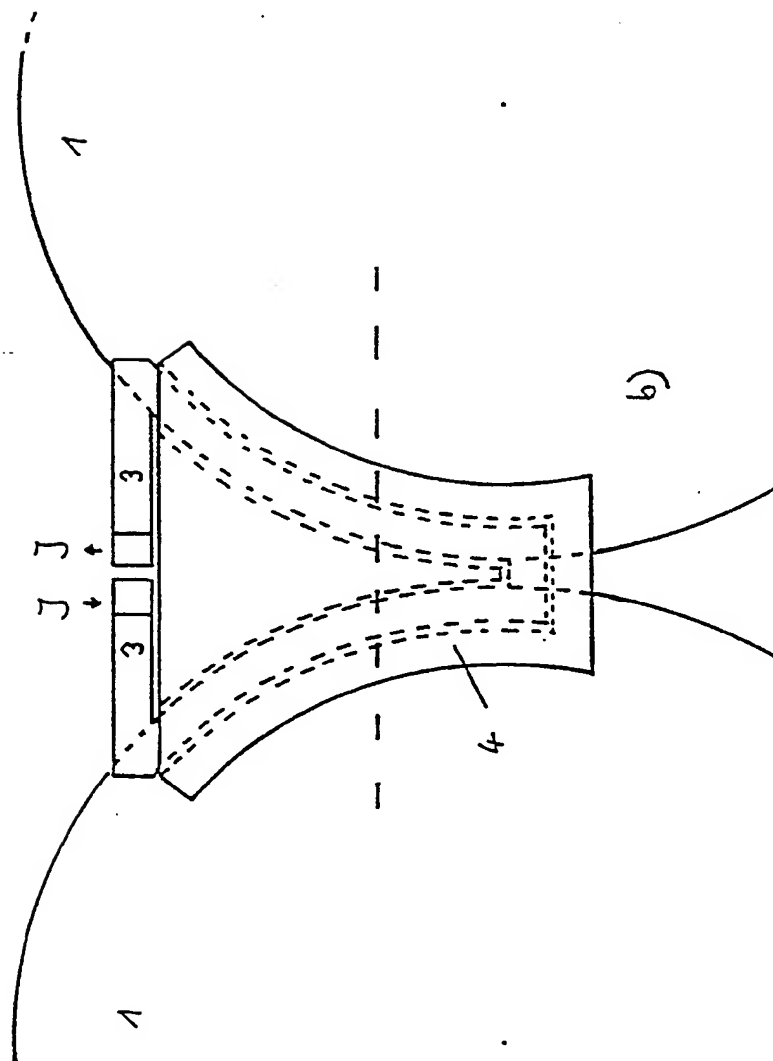


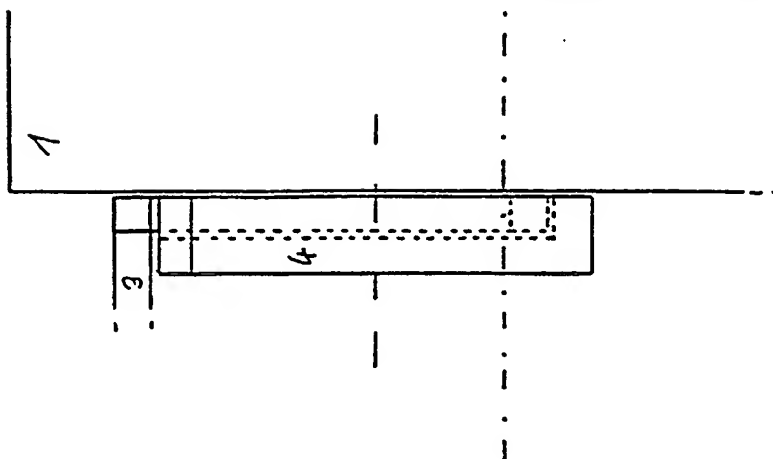
Fig. 3



a)



b)



c)

Fig. 4

